

Методика определения мест возможного возникновения ЭСР основывается на анализе картин распределения потенциалов на поверхности модели. При таком анализе выявляются области наибольших градиентов потенциалов. Анализ совокупности этих расчетных данных показывает, что возникновение ЭСР возможно: на элементах с большим радиусом кривизны (остроугольные); на элементах с градиентом потенциала равным или превышающим пороговое значение ЭСР; на любом элементе поверхности КА в результате попадания твердой заряженной частицы.

Через дренажные отверстия, предназначенные для дегазации аппарата, в КА проникает паразитное ЭМП. Наиболее опасным источником паразитного ЭМП является ЭСР вблизи дренажного отверстия. Для защиты БА от воздействия паразитного ЭМП, дренажное отверстие было экранировано двухслойным экраном. Экран может быть расположен на внешней поверхности отсека или находится в его полости. Предложены две формы экрана полусферический и цилиндрический. На рисунке 1 приведено сравнение напряженностей поля для различных типов экрана и без экранирования, для увеличения наглядности проведено усреднение значений.

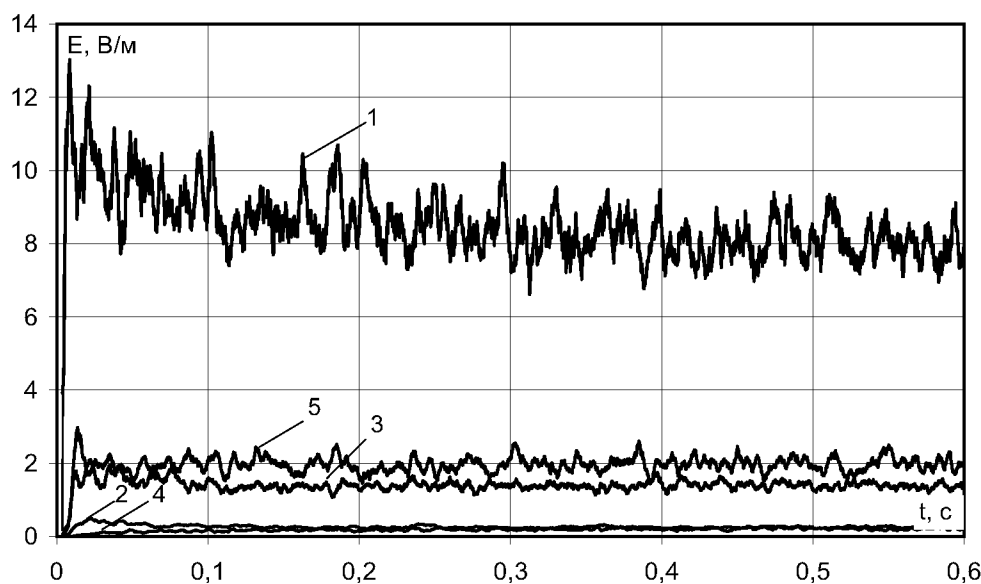


Рис. 1. Зависимость усредненного значения напряженности поля в точке при ЭСР с напряжением 5 кВ: 1 - без экранирования; 2 - сферический экран на поверхности отсека; 3 - сферический экран в полости отсека; 4 - цилиндрический экран на поверхности отсека; 5 - цилиндрический экран в полости отсека.

На основе полученных результатов сделан вывод, варианты с размещением экрана на поверхности отсека обеспечивают лучшее экранирование, цилиндрический экран на поверхности отсека обеспечил наибольший коэффициент затухания.

ОБЗОР ИНЖЕКТОРОВ ТВЕРДЫХ ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ С КОНТАКТНЫМ СПОСОБОМ ЗАРЯДКИ

А.С. Видманов¹

(¹ Самара, СГАУ, jkt13@rambler.ru)

REVIEW OF INJECTORS DUST PARTICLES WITH A CONTACT METHOD CHARGE

A.S. Vidmanov

Рассмотрены конструкции инжекторов ускорителей заряженных частиц для моделирования столкновения микрометеоритов с материалами элементов конструкций космических аппаратов в лабораторных условиях. Показана эволюция таких устройств и предложены пути их дальнейшего развития.

Частью любого ускорителя микронных частиц, использующего в качестве ускоряющей силы - силу электрического поля, является инжектор частиц. Чем больший заряд получает частица в инжекторе, тем большую скорость она будет иметь на выходе ускорителя. Все существующие инжекторы частиц можно разделить на два вида: с контактным и бесконтактным способом зарядки частиц. Первые в качестве зарядного электрода используют либо острую иглу, либо метелку тонких нитей. Во втором виде инжекторов заряд частице сообщается путем воздействия на нее различных видов ионизирующего излучения. Рассмотрим более подробно первый вид.

Максимальный заряд частицы может соответствовать максимальной напряженности электрического поля у поверхности частицы (для положительно заряженных частиц максимальная поверхностная напряженность поля составляет 10^{10} В/м, для отрицательно заряженных частиц 10^9 В/м) и ограничивается автоионной или автоэлектронной эмиссией.

Рассмотрим различные конструкции инжекторов. Существует множество инжекторов контактного вида [1,2,3,4,5]. Все они в своей конструкции содержат один (или несколько) зарядных электродов, выполненных в виде иглы, а также бункерную камеру, в которую помещаются частицы.

Конструкция инжектора, описанного в [5], состоит из бункера, в который загружаются частицы, бункерного электрода, который вытягивают из бункера частицы посредством импульсного электрического поля, и зарядного электрода. Частицы покидают инжектор, как только коснутся острия зарядного электрода. Как отмечают авторы, при диаметре острия 4 мкм и потенциале 8 кВ частицы диаметром 0,1 – 10 мкм получают заряд соответствующий поверхностной напряженности электрического поля $6,5 \times 10^9 - 10^9$ В/м. Данный тип инжектора способен генерировать поток заряженных частиц с широким статистическим распределением масс и скоростей.

Дальнейшее развитие инжекторов контактного типа позволило отказаться от импульсного напряжения на бункерном электроде. Конструкция такого инжектора заряженных частиц, разработанная в НИИЯФ МГУ [6]. Данный тип инжектора также уменьшает вероятность загрязнения вакуумной камеры пылевыми частицами. Особенностью этого инжектора является возможность регуляции потока частиц за счет введения резистора связи между бункерным электродом и корпусом, который уменьшает потенциал на бункерном электроде по мере увеличения проводимости бункерного пространства, из-за увеличения в нем концентрации заряженных частиц. В [6] авторы отмечают, что при напряжении на зарядном электроде 10-15 кВ скорости металлических частиц диаметром 0,1 – 5 мкм на выходе инжектора составляли от 0,5 до 5 км/с. Как указывается в [6] зависимость скорости частиц от потенциала имеет два характерных участка: на первом скорость пропорциональна напряжению зарядного электрода, а на втором скорость пропорциональна квадратному корню из напряжения зарядного электрода.

Данный инжектор, был усовершенствован авторами статьи [7]. Размеры зарядной камеры были увеличены, для возможности поднятия потенциала на зарядном электроде до 25кВ, а количество бункерных камер было увеличено до двух, чтобы обеспечить возможность работы с двумя материалами без развакуумирования инжектора. Особенностью инжектора является наличие пьезоизлучателей в бункерной камере, что позволяет использовать порошки с высокой насыпной плотностью. Величина напряжения на зарядном электроде зависит от потока частиц, поступающего через соединительную втулку в полость зарядной камеры и геометрии зарядной камеры. Она устанавливается максимально возможной в пределах 20-25кВ. Частицы алюминиевой пудры “ПАП-1” с помощью данного инжектора приобретали скорость от 200 до 1550 м/с (соответственно для диапазона масс $9 \times 10^{-10} - 1,1 \times 10^{-8}$ г). Заряд частиц соответствовал диапазону поверхностной напряженности электрического поля частицы $10^9 - 7,5 \times 10^9$ В/м. Наиболее вероятная поверхностная напряженность электрического поля частицы составила 2×10^9 В/м.

Дальнейшее усовершенствование инжекторов связано с уменьшением попадания не заряженных или не достаточно заряженных частиц в вакуумную камеру ускорителя. Авторы статьи [8] решили эту проблему расположением бункера с частицами в нижней части зарядной камеры. Другим способом решения данной проблемы является построение инжекторов с

промежуточной камерой, в которую возвращаются частицы с недостаточным зарядом из зарядной камеры, такая конструкция представлена в [3].

Рассмотренные выше конструкции инжекторов твердых пылевых частиц с контактным типом заряда обеспечивают практически максимально возможный заряд частиц, способны доставлять в ускорительный тракт частицы со скоростями 0,1-5 км/с. Из этого можно сделать вывод о том, что контактный способ зарядки частиц является наиболее перспективным на данный момент. Повышение эффективности зарядки частиц в инжекторах данного типа можно достигнуть увеличением длины траектории частицы от бункера до выходного отверстия. Дальнейшее развитие инжекторов пойдет по пути изменения конфигурации электродов, без изменения способа зарядки частиц.

Литература

1. Fechtig H., Grun E., Kissel J. Laboratory simulation. Charber 9, M.P. Institute für Kernphysik, 69, Heidelberg 1, FRG, 1989, s.594-601.
2. А.А. Бедняков, Р.А. Гиляров, О.Б. Дзагуров, В.В. Криволап, В.С. Куликаускас. Инжекция, формирование потока и контроль параметров твердых частиц, ускоряемых на электростатическом генераторе ЭГ-8. // Приборы и техника эксперимента, №2, 1998 г., стр. 149-156.
3. Семкин Н.Д., Воронов К.Е., Новиков Л.С., Пияков А.В. Источник заряженных пылевых частиц. // Патент на изобретение №2242849, выдан в 2004г., БИ 2004 №35
4. Семкин Н.Д., Пияков А.В., Воронов К.Е., Шепелев С.М. Источник заряженных пылевых частиц. // Патент на полезную модель №58839, выдан в 2006г.
5. Daniel E. Austin. Impact-ionization mass spectrometry of cosmic dust //Thesis by Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, California Institute of Technology, Pasadena, California, 2003
6. Акишин А.И., Новиков Л.С. Методика и оборудование имитационных испытаний материалов космических аппаратов. // М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990, 90 с.
7. Семкин Н.Д., Пияков А.В., Воронов К.Е., Богоявленский Н.Л., Шепелев С.М. Инжектор заряженных пылевых частиц. Приборы и техника эксперимента. №3 2006г., 154-159 с. (На английском языке: N.D. Semkin, A.V. Piyakov, K.E. Voronov, S.M. Shepelev, and N.L. Bogoyavlenskii. A Charged Dust Particle Injector, Instruments and Experimental Techniques, 2006, Vol.49, No.3, 440-445 p.).
8. Zhehui Wang and G. A. Wurden. Hypervelocity dust beam injection for national spherical torus experiment. Review of Scientific Instruments, Volume 75, Number 10 October 2004, ss. 3436 – 3438

ПРИБОР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПРОПУСКАНИЯ СТЕКЛА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОТОКА МИКРОМЕТЕОРОИДОВ И КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

М.П. Калаев¹, Н.Д. Семкин¹

(¹ Самара, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет) sgau5@yandex.ru)

DEVICE FOR THE STUDY OF GLASS SPECTRAL TRANSMITTANCE FACTOR CHANGES UNDER THE INFLUENCE OF MICROMETEOROIDS AND SPACE DEBRIS FLOW

M.P. Kalaev, N.D. Semkin

Для оценки воздействия потоков высокоскоростных мелкодисперсных частиц (МДЧ) на материалы, используемые в конструкции космических аппаратов (КА), проводятся лабораторные испытания с использованием ускорителей различных типов [1], однако часто по